

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-317004

(43)Date of publication of application : 21.12.1989

(51)Int.Cl.

H03B 5/32

H03H 19/00

(21)Application number : 63-149664

(71)Applicant : CITIZEN WATCH CO LTD

(22)Date of filing : 17.06.1988

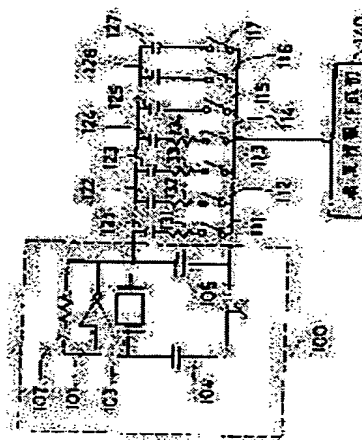
(72)Inventor : SAKURAI YASUHIRO

## (54) SWITCHED CAPACITOR CIRCUIT AND DIGITAL TEMPERATURE COMPENSATED CRYSTAL OSCILLATION CIRCUIT USING SAID CIRCUIT

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To devise the circuit so as to change over even a minute capacitance less than a stray capacitance of a switch and a wire by adopting the constitution such that plural series circuits each comprising a capacitor and a switch and at least one of series circuits each comprising a capacitor, a resistor and a switch are connected in parallel.

**CONSTITUTION:** Plural series circuits each comprising a capacitor 125-127 and a switch 115-117 and at least one of series circuits each comprising a capacitor 121-124, a resistor 131-134 and a switch 115-117 are connected in parallel. Since the resistor in the series connection of the capacitor and the resistor limits the charge/discharge speed of the capacitor, the effective capacitance is changed depending on the frequency. The relation between the capacitance of the entire circuit and the frequency depends on the capacitor at a low frequency but the capacitance is reduced effectively through less carrier charged/discharged from/to the capacitor because the succeeding discharge period is transited before the charging of the capacitor is finished at a high frequency. Thus, even a minute capacitance is changed over without the effect of a stray capacitance by selecting a capacitor and a resistor in matching with the operating frequency.



BEST AVAILABLE COPY

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-317004

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)12月21日

H 03 B 5/32  
H 03 H 19/00

A-6832-5J  
8837-5J

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全4頁)

⑭ 発明の名称 スイッチトキャパシタ回路および該回路を用いたデジタル温度補償水晶発振回路

⑯ 特 願 昭63-149664

⑰ 出 願 昭63(1988)6月17日

⑱ 発 明 者 桜 井 保 彦 埼玉県所沢市大字下富字武野840 シチズン時計株式会社  
技術研究所内

⑲ 出 願 人 シチズン時計株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

明 細 書

1. 発明の名称

スイッチトキャパシタ回路および該回路を用いたデジタル温度補償水晶発振回路

2. 特許請求の範囲

(1) 容量とスイッチとの直列回路の複数個と、容量と抵抗とスイッチとの直列回路の少なくとも一個とを並列接続して構成されるスイッチトキャパシタ回路。

(2) 少なくともデジタル温度情報を作成する温度情報作成部と、請求項1記載のスイッチトキャパシタ回路と、水晶発振回路とで構成されるデジタル温度補償水晶発振回路。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明はスイッチの開閉により複数の容量値を選択するスイッチトキャパシタ回路に関し、また、該スイッチトキャパシタ回路を用いて構成されるデジタル温度補償水晶発振回路に関する。

〔発明の背景〕

通信機器における周波数源としては各種の水晶発振器が多用されている。そのなかで自動車無線などの移動体通信機器の場合は、使用温度環境が一定していないので温度補償水晶発振器(以下TCXOと称す)が用いられる。最近では温度補償の高精度化の要求が強くなっており、仕様の1例を挙げれば温度範囲-20~+80℃において発振周波数12.8MHz±2ppmという精度になっている。アナログ的な処理でこのような精度を達成することは、工業的には極めて困難であるため、デジタルTCXO(以下DTCXOと称す)が注目を集めている。

〔従来の技術〕

DTCXOの温度補償は、温度をデジタル符号化し、このデジタル符号に対応した温度補償値を得、次に温度補償値をアナログ値化し、このアナログ値(温度情報)によって可変容量素子を制御し発振周波数を補償するものである。

近年、DTCXOのLSI化、小型化、低消費電力化を図るため、DTCXOの構成部分のうち

温度補償値のアナログ値化および可変容量素子の制御を一体化したスイッチトキャパシタ回路が開発されている。一例を第4図に示す(宇野武彦、下田義雄「SW-Cアレイを用いたデジタルCMOS水晶発振回路」昭和58年度電子通信学会総合全国大会 講演予稿649)。

第4図ではデジタル量である温度情報をインバータ411~416に入力し、入力した温度情報に対応するスイッチ421~426を選択的にオン、オフし、コンデンサ431~436のうち選択されたコンデンサを水晶発振回路400に接続することにより発振周波数の補償を行っている。この温度補償水晶発振回路では、コンデンサ431の容量値をCとすると、コンデンサ432、433、434、435、436の容量値はそれぞれ2C、4C、8C、16C、32Cとなるように設計され広い範囲の発振周波数の温度補償を行うことができる。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、第4図の水晶発振回路で高精度の温度

補償を行おうとする場合、コンデンサの容量(特に容量値の小さいコンデンサ431、432など)はスイッチの容量値(CMOSトランズファゲートなら通常0.04pF以上)や配線の浮遊容量(場合によっては0.1pF以上)よりも小さい値となってしまう。このため、このような水晶発振回路で高精度の温度補償を行うことはできなかった。

本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、微小な容量値の切り替えが可能であるスイッチトキャパシタ回路、およびこのスイッチトキャパシタ回路を用いて構成され広い温度範囲で高精度の発振周波数補償が可能なデジタル温度補償水晶発振回路の提供を目的とする。〔課題を解決するための手段〕

本発明のスイッチトキャパシタ回路は、容量とスイッチとの直列回路の複数個と、容量と抵抗とスイッチとの直列回路の少なくとも一個とを並列接続して構成されるものである。但し、この場合の抵抗はスイッチのオン抵抗とは異なる抵抗を意

味する。

また、本発明のデジタル温度補償水晶発振回路は、少なくともデジタル温度情報を作成する温度情報作成部と、上記スイッチトキャパシタ回路と、水晶発振回路とからなるものである。本発明のデジタル温度補償水晶発振回路は、温度情報作成部で作成したデジタル温度情報をスイッチトキャパシタ回路に入力し、スイッチトキャパシタ回路では入力された温度情報に対応した容量および/または容量と抵抗に接続されているスイッチを選択してオン・オフし、水晶発振回路に接続することにより発振周波数の温度補償を行うものである。

〔作用〕

第3図を用いて本発明のスイッチトキャパシタ回路の原理を説明する。

コンデンサと抵抗の直列接続においては、抵抗がコンデンサの充放電速度を制約するから、周波数によって実効的な容量値が変化する。その様子を第3図に示す。

第3図(a)において容量値 $C_1$ のコンデンサ301と抵抗値 $R_1$ の抵抗302は直列に接続されている。コンデンサ301の容量値 $C_1$ を配線の浮遊容量よりもはるかに大きくしておけば、浮遊容量の影響は排除できる。

この回路全体の容量値と周波数との関係は、第3図(b)に示される如く、 $1/C_1 R_1$ で決まる周波数よりも約2桁以上低周波側では $C_1$ の値に等しいが、高周波側ではコンデンサ301の充電が終わる前に次の放電周期に移ってしまうため、コンデンサ301に充放電されるキャリアが少なくなり、実効的に容量値が減ることになる。 $1/C_1 R_1$ で決まる周波数よりも高い周波数ではコンデンサ301のキャリアはほとんど追従できなくなり、全体の容量値は0に近づく。

したがって使用する周波数に合ったコンデンサと抵抗とを選択すれば、極めて微小な容量値でも浮遊容量の影響なしに実現可能となるのである。

〔実施例〕

以下本発明の実施例を図面に基づいて詳述する。

第1図は本発明によるスイッチトキャパシタ回路をDTCXOに応用した一実施例を示す回路図である。第1図において発振インバータ101のゲート・ドレイン間に帰還抵抗102と水晶振動子103が並列に接続され、ゲートおよびドレインと電極との間にそれぞれコンデンサ104、105が接続され、ドレイン側のコンデンサ105と並列に7ビットのスイッチトキャパシタ回路が接続されている。各スイッチ111～117は温度情報作成部140で作成された温度情報を含むデジタル信号によって開閉される。

水晶振動子103にATカット水晶振動子(12.8 MHz)を用いる場合、通常 $-20 \sim +80$ ℃の温度範囲で土15 ppmの発振周波数の変化がある。この30 ppmの発振周波数変化を7ビットのスイッチトキャパシタ回路で補償するためには、 $30 \div 2^7 = 0.23$ であるから、最小ビットの補償量は大体0.25 ppm程度に設定すればよい。

従って、各ビットの補償量は1ビット目が0.25 ppm、2ビット目が0.5 ppm、3ビット目が1

それ1.1 pF、40 k $\Omega$ とし、3ビット目のコンデンサ123と抵抗133をそれぞれ1.2 pF、30 k $\Omega$ とし、4ビット目のコンデンサ124と抵抗134をそれぞれ1.3 pF、20 k $\Omega$ とすることで、実効的に0.02 pF、0.04 pF、0.09 pF、0.18 pF、を実現しているのである。

上記の実施例においては1～4ビットにしか抵抗を用いていないが、全ビットに抵抗を用いることはもちろん差し支えない。またコンデンサと抵抗とスイッチは直列接続であればよく、接続の順序は問わない。発振インバータの構造や周波数などが変われば必要とされる微小容量の値も変わるが、いかなる場合でも本発明により必要とされるスイッチトキャパシタ回路が実現できる。

また、本発明のスイッチトキャパシタ回路は水晶発振回路100の入力側あるいは出力側、あるいは入力側と出力側の両方のどちらに接続されていてもよい。

第2図は本発明によるスイッチトキャパシタ回

路、4ビット目が2 ppm、5ビット目が4 ppm、6ビット目が8 ppm、7ビット目が16 ppmとなる。

ゲート側およびドレイン側のコンデンサ104、105の容量値がともに14 pFであり、12.8 MHzの安定発振時におけるインバータ101の電圧増幅率と出力インピーダンスがそれぞれ2.0および1.0 k $\Omega$ である場合、各ビットの補償量を達成するための容量変化は1ビット目が0.02 pF、2ビット目が0.04 pF、3ビット目が0.09 pF、4ビット目が0.18 pF、5ビット目が0.36 pF、6ビット目が0.72 pF、7ビット目が1.50 pFである必要がある。

前述のようにスイッチや配線の浮遊容量が大きいため、コンデンサとスイッチのみで実現できるのは5ビット目の0.36 pF以降であり、1～4ビット目は従来技術では実現できないか、もしくは誤差が大きくて実用的でない。

本発明では1ビット目のコンデンサ121と抵抗131をそれぞれ1.4 pF、40 k $\Omega$ とし、2ビット目のコンデンサ122と抵抗132をそれ

路を同調回路に応用した一実施例を示す回路図である。第2図においてアンテナ201と接地との間にコイル202とコンデンサ203から成る並列共振回路が接続され、コンデンサ203と並列に5ビットのスイッチトキャパシタ回路が接続されている。各スイッチ211～215は温度情報を含むデジタル信号によって開閉されるが、その部分は省略してある。

本実施例においては、抵抗が接続されていない4ビット目と5ビット目を用いて大まかな周波数選択を行い、抵抗231～233が接続されている1～3ビット目の切り換えによって選択度を向上させるという方法で、同調周波数の高精度化を果たしているのである。このように、本発明のスイッチトキャパシタ回路は、微小容量の切替を必要とする回路において、その高精度化を可能とするものである。

#### 〔発明の効果〕

以上の説明で明らかなように、本発明によれば、スイッチや配線の浮遊容量以下の微小な容量値で

あつても切り換え可能なスイッチトキャパシタ回路を実現することが可能となり、その効果は非常に大きい。特に高精度が要求される温度補償水晶発振器などに応用すれば、その効果は甚大である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明によるスイッチトキャパシタ回路を用いた温度補償水晶発振回路の一実施例を示す回路図であり、第2図は本発明によるスイッチトキャパシタ回路を用いた同調回路の一実施例を示す回路図、第3図は本発明の作用原理を説明するための回路図及び特性図であり、第4図は従来技術によるデジタル温度補償水晶発振回路の回路図である。

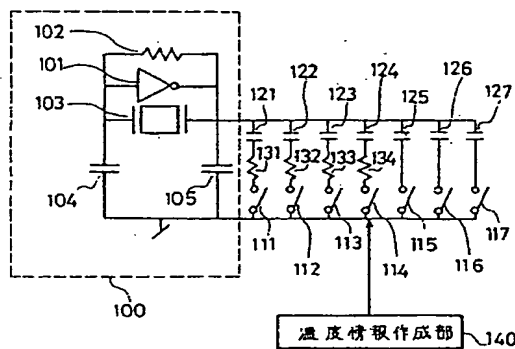
- 103 ……水晶振動子、
- 111～117 ……スイッチ、
- 121～127 ……コンデンサ、
- 131～134 ……抵抗、
- 140 ……温度情報作成部、
- 201 ……アンテナ、
- 211～215 ……スイッチ、

- 221～225 ……コンデンサ、
- 231～233 ……抵抗。

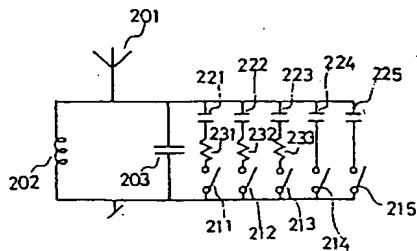
特許出願人 シチズン時計株式会社



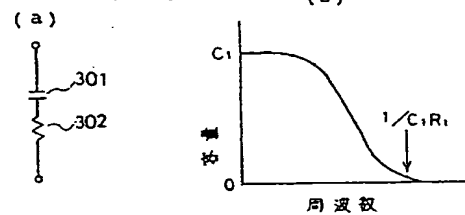
第1図



第2図



第3図



第4図

